

6.

ESTUDIO PETROLOGICO PREVIO
A LA RESTAURACION
DE LA FACHADA DE LA ANTIGUA
UNIVERSIDAD DE
ALCALÁ DE HENARES

José María García de Miguel
Lazaro Sánchez Castillo
M.ª Teresa Gonzalez Aguado
Octavio Puche Riart

INTRODUCCION

Las operaciones de conservación y restauración de las edificaciones monumentales que constituyen el Patrimonio Artístico de los diferentes países, se encuentran abandonando el nivel artesanal que las caracterizaba en el pasado. Ello ha sido consecuencia por una parte, de la posibilidad de utilizar un número continuamente creciente de nuevos productos que la industria pone a disposición del conservador y por otra, de la necesidad de:

- . Evitar tratamientos irreversibles e inadecuados, ó inútiles, en el mejor de los casos.
- . Reducir en lo posible los costes de operación, aplicando un tratamiento racional y estudiado con los medios de que hoy día se dispone.

En este contexto, la DIRECCION GENERAL DEL PATRIMONIO DE LA CONSEJERIA DE CULTURA DE LA COMUNIDAD AUTONOMA DE MADRID contrató, durante el año 1988, con U.P.M., la ejecución de un ESTUDIO PETROLOGICO **previo a las operaciones de conservación y restauración de LA FACHADA DE LA ANTIGUA UNIVERSIDAD DE ALCALA DE HENARES**. Este estudio ha sido realizado por la **Cátedra de Mineralogía y Petrología de la E.T.S. DE I.M.**, y el presente documento constituye un resumen del mismo. En su desarrollo han participado.

José María García de Miguel	Drtor. del Proyecto.
Lázaro Sánchez Castillo	Ing. Técnico
José María López Peréa	Alumno becario
Arminda Jack Sanchez-Cruzado	Alumna becaria

OBJETIVOS

1. Diagnosticar las causas del deterioro.
2. Realizar los estudios marco, para efectuar las acciones de conservación y, en su caso, restauración.

METODOLOGIA

Hay que señalar, que las operaciones de conservación y restauración no solo deben incluir las obras sobre el propio Monumento que se trata de proteger, sino todo un conjunto de medidas destinadas a limitar los daños en el futuro.

Por otra parte, es necesario destacar la importancia de investigar el origen de los materiales que constituyen la edificación. Esta investigación tiene dos finalidades fundamentalmente:

1. Proveer una fuente de materia prima para las obras de restauración, lo más parecida en aspecto y resistencia a la erosión, a la de la piedra original. Ello contribuye a evitar la disarmonía entre la parte antigua y la restaurada.
2. Disponer de abundante material de características similares a las del Monumento, lo que permite ensayar diversas soluciones sin causar los daños derivados de la necesidad de disponer de suficiente número de muestras.

Finalmente, es importante ubicar el papel que este tipo de estudios debe de cumplir con respecto a la labor posterior de conservación y restauración: No existe en la actualidad, una tecnología capaz de suplir el "Conocimiento del oficio" de un

buen restaurador. Un monumento es siempre algo delicado y complejo. Su conservación, tiene mucho de artesanal y responde mal a los procesos automáticos que caracterizan la tecnología. Al mismo tiempo, un restaurador responsable no debería emprender una obra de esta naturaleza sin conocer previamente los parámetros, del material con que va a tratar y el contexto en que va a efectuar su labor. De lo contrario pueden llegarse a cometer errores irreversibles.

Atendiendo a las anteriores consideraciones y dentro de las limitaciones de tiempo y presupuesto en que el proyecto hubo de llevarse a efecto, la metodología elegida para encarar el problema, ha sido la siguiente:

1. Estudio meteorológico de la zona
2. Estudio de los contaminantes atmosféricos:
3. Recopilación de información acerca de la historia de los materiales que forman el Monumento y de las restauraciones que se han efectuado:
4. Estudio petrográfico de las distintas unidades pétreas que integran el Monumento:
5. Análisis mediante microscopía electrónica de barrido y microsonda de la distribución de elementos en la zona superficial y en los pigmentos y recubrimientos con que la Fachada ha sido tratada en el pasado.
6. Extracción de sales y análisis de las mismas:
7. Determinación de la porosidad de los componentes de la edificación y de las muestras recogidas en las canteras de donde han sido extraídos.
8. Investigación de los productos utilizados en la actualidad en diferentes países, en tratamientos de características similares, y realización de ensayos de envejecimiento de la piedra en laboratorio.

No se han determinado otros parámetros petrofísicos, principalmente los relacionados con la resistencia mecánica. Ello ha sido así, por considerarse innecesarias estas determinaciones, debido a que el material afectado por la degradación no soporta otras cargas que las de su propio peso, mientras que los sillares permanecen en buen estado de conservación.

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS Y ESTADO DE CONSERVACION DEL MONUMENTO

El conjunto monumental del Colegio Mayor San Ildefonso, de la Universidad de Alcalá de Henares, tiene su máximo exponente arquitectónico en la fachada norte del edificio.

Dicha construcción, de estilo renacentista, guarda una total simetría en sus formas y volúmenes. Aparece formada, básicamente, por tres niveles, ó "cuerpos", estando el tercer nivel rematado por un gran frontón triangular. Por último, el conjunto se encuentra coronado por un balaustre a lo largo de toda la azotéa.

La parte pétreas de la construcción se presenta integrada por cuatro tipos diferentes de materiales:

- * Un zócalo granítico.
- * Murales o sillares originales constituidos por calizas de Cuesta de Zulema.

- * Piezas de cantería original construidas con caliza tipo Tamajón.
- * Cantería y sillares restaurados con calcarenitas tipo Novelda.

De estos materiales, los únicos que presentan un notable estado de deterioro son los elementos de cantería, siendo aceptable el estado de conservación del resto.

El material original de cantería, constituido como se ha afirmado, por piedra tipo Tamajón, presenta desmoronamiento superficial con desgaste de relieves y desprendimiento de arenilla frente al rozamiento. Más afectado se encuentra el material procedente de la restauración, donde la profundidad de la zona deteriorada es mayor, siendo posible, en algunas zonas, arrancar fragmentos simplemente con la mano y desmenuzarlos hasta formar arena.

La piedra de Novelda presenta un proceso de deterioro característico. Al comienzo no se observan señales aparentes de su estado interno. Los relieves se conservan perfectamente sin apenas desgaste. Las primeras manifestaciones aparecen como una red de microfracturas aparentemente cerradas. Estas fisuras evolucionan abriéndose hasta separarse, en algunos casos, más de un centímetro, terminando por desprenderse una costra de material completamente disgregada. En ese momento, este estado de alteración ha penetrado ya bastante en el interior por debajo de la costra desprendida.

Aparentemente, la alteración es más intensa en las zonas superiores y parece afectar con mayor rigor a las partes salientes por encontrarse, seguramente, menos protegidas. No se ha establecido, en cambio, una relación directa con las escorrentías de aguas de lluvia, marcadas en la fachada por alteraciones en la coloración.

Tanto la piedra restaurada como la original aparecen recubiertas de una pátina que en su mayor parte, se encuentra destruida por los agentes agresivos.

RESEÑA HISTORICA **DE** LOS MATERIALES

Con objeto de rastrear la procedencia de los materiales y con las finalidades expuestas en el apartado que describe la Metodología, se ha recopilado toda la información que ha sido posible acerca de la historia de los materiales, construcción original, y restauraciones habidas.

La edificación data de 1501 según unos autores, y según otros, del 14 de marzo de 1944 en que se puso la primera piedra. Se inauguró el 26 de julio de 1508 habiendo sido construido a base de ladrillo, yesería y madera. La fachada del colegio mayor se edificaría mas tarde.

En 1537 se concierta el proyecto y su dirección con el sevillano Rodrigo Gil de Montañón y como sobrestantes de la obra, los aparejadores Juan de la Ríba y Pedro de Coterá.

De la cantera de Becerril se trae piedra berroqueña para el basamento. La piedra franca ó caliza procede de Onzerruecas, en El Bellón, según los documentos de la obra; los portes se pagaban en Talamanca. Para los sillares se utiliza piedra de Cuesta de Zulema. De Onzerruecas se traen, asimismo, las columnas exentas de la puerta. Todas las figuras están realizadas en piedra franca ó caliza. La cal, como material de unión para la construcción, procede de **Villalbilla**.

Aunque casi todos los autores han localizado la procedencia de la piedra como de Tamajón, como ya advierte González Navarro, esto es como una idea fija sin ningún fundamento. En los libros de la obra se cita la localidad de El Bellón, así como el hecho de que los portazgos se pagaban en Talamanca del Jarama. A la vista de una carta geográfica es fácil observar como esta última localidad se sitúa en la ruta desde la actual población de El Vellón, a Alcalá de Henares.

Actualmente, en las proximidades de El Vellón existen varias canteras de piedra caliza sin actividad. A lo largo del tiempo no es extraño que la "B" original se haya transformado en una "V". La confusión puede proceder del hecho de que, tanto las canteras existentes en Tamajón, como las que aparecen en El Vellón, pertenecen al mismo nivel estratigráfico, el Turonense-Cenomanense, y presentan la misma litología. Por consiguiente, aunque el material no pertenezca probablemente al término municipal de Tamajón, sí se puede afirmar que se trata de piedra tipo Tamajón. Lamentablemente, la toponimia de Onzerruecas parece haberse perdido con el transcurso del tiempo.

En 1914 se declara la Fachada del Colegio Mayor San Idelfonso, monumento histórico artístico, comenzando las restauraciones.

La primera de todas, según los datos que se han podido reunir, tuvo lugar entre los años 1914 y 1929. Esta restauración fue realizada por el Colegio de Arquitectura de Madrid a cargo de D. Arribas Alvarez. En ella se empleó la piedra de Novelda. Este material, a pesar de sus negativas características en cuanto a resistencia a la degradación y debido a ser muy fácil de trabajar, fué ampliamente utilizado en la época de la restauración. Hoy día aparece en esculturas y cantería de todo tipo de edificios monumentales.

A partir de 1956 se inicia otra restauración sobre la que no ha sido posible localizar información.

PARTES RESTAURADAS

Fotografías pertenecientes a diferentes fechas permiten observar el estado general de la Fachada en las diferentes épocas, así como el efecto global de la restauración.

Cuando se observa la estructura en detalle, se advierte como la restauración de algunos elementos es parcial. Seguramente la intención del restaurador fue preservar la disposición original de algunas zonas para que sirvieran como testimonio histórico, actuando en estos casos, más como conservador que como restaurador.

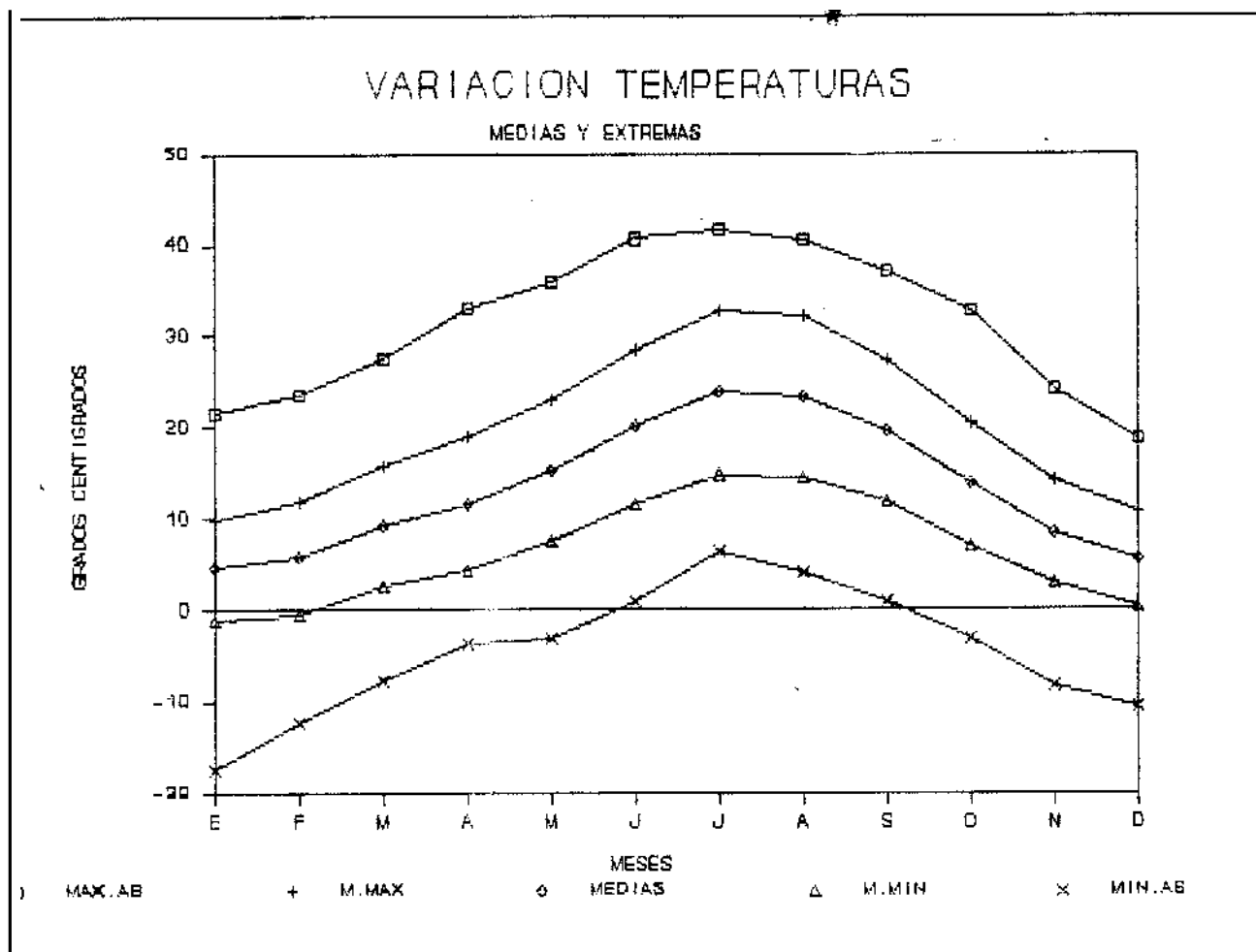
Del proyecto de continuación de obras de reparación de Arribas Alvarez, se deduce el mal estado de conservación de la piedra berroqueña del zócalo en el momento de la restauración, por lo que hubo de ser substituida en su mayor parte. Esta alteración fue debida, seguramente, a la ascensión de humedad desde el suelo, por fenómenos de capilaridad. De cualquier manera, el estado actual de esta piedra granítica restaurada es satisfactorio.

En este proyecto se señala ya la utilización de cemento Portland y arena de Torote para fabricar el mortero y se informa de la sustitución de **las** columnas que se encuentran fuera y delante de la Fachada, de las que, aunque el informe no indica el origen del material de construcción, la simple inspección ocular señala que muy bien podrían haber sido talladas en caliza pontiense traída, quizá, de Colmenar.

Tanto la piedra primitiva como la restaurada aparecen tratadas con una capa muy fina, coloreada con una tonalidad pardo-rojiza. Esta película presenta una escasa penetración dentro del material. Su finalidad debió ser proteger la piedra por una parte y suministrarle un aspecto armónico en su tonalidad, con la construcción original.

ESTUDIO METEOROLOGICO

Los datos para la confección de este apartado han sido extraídos del Servicio Meteorológico Nacional y de un completo estudio climatológico de Alcalá de Henares, confeccionado para el Plan General de Ordenación Urbana de la ciudad (F. Garces y Elena Pérez), no publicado en la fecha de realización de este estudio.



Ilustr. 1

Las coordenadas geográficas respecto al meridiano de Madrid del casco urbano de Alcalá de Henares son las siguientes:

Latitud 40° 29'10" N
 Longitud 0° 19'20" E

Su altitud media sobre el nivel del mar es de 588 metros. Forma parte de la llamada España Arida, y esta situado en el límite de dos comarcas naturales separadas por el río Henares: a su izquierda, el páramo mesetario de calizas terciarias de La

Alcarria; y a su derecha la campiña, con una altitud media de 600 mts. sobre el nivel del mar.

Geológicamente, la población se asienta sobre los aluviones del río Henares, que a su vez reposan sobre arenas, yesos y arcillas miocenas. Hacia el sur el relieve se eleva en su ascenso hacia el páramo, cuya parte superior se encuentra formada por calizas pontienses de algunos metros de espesor.

El clima es típicamente continental, con una temperatura media anual de 13.3° C, que alcanza el valor máximo de la media de las máximas en julio, con 32.8°, C y el valor mínimo de la media de las mínimas en enero, con -1° C.

La media de precipitaciones anuales es de 425 mm. con máximas en abril, mayo, octubre y noviembre, y mínimas en los meses de estiaje (julio y agosto).

Los vientos dominantes son los de dirección NE y SO.

La Fachada de la Universidad mantiene una orientación NNO. Ello quiere decir que va a sufrir heladas, al menos, durante dos meses al año en que las temperaturas mínimas medias se encuentran por debajo de 0° C. Además, va a soportar fuertes oscilaciones térmicas durante todo el año, especialmente la parte superior que recibe insolación durante un gran número de horas al día. Estas circunstancias obligan a sospechar de las heladas como responsables, al menos parcialmente, del deterioro.

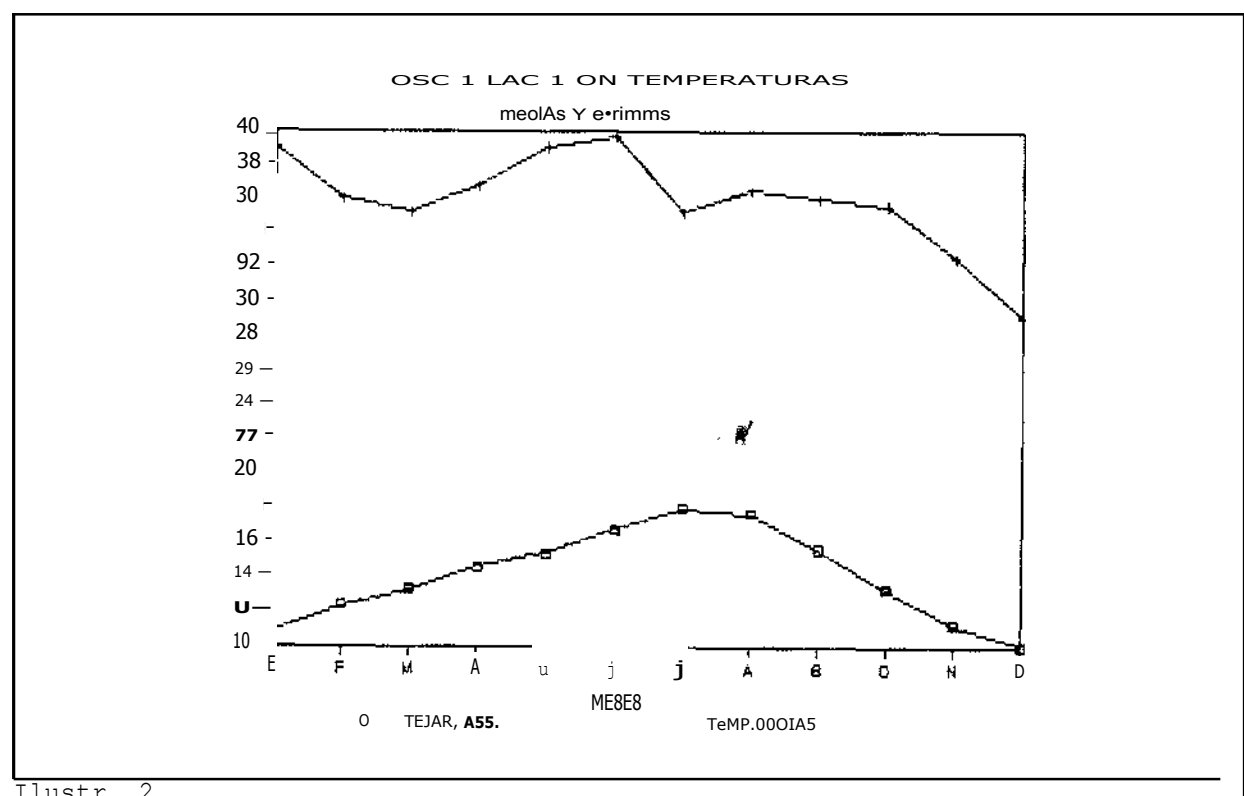
En Alcalá de Henares la media anual de precipitaciones entre 1931 y 1966, ha sido de 38,6 mms. oscilando entre un máximo de 65,8 y un mínimo de 15 mms.

Como se ha afirmado anteriormente, en la Fachada de la Universidad de Alcalá de Henares, las zonas más afectadas por el proceso de degradación son justamente las superiores, las más directamente expuestas a la acción de la lluvia.

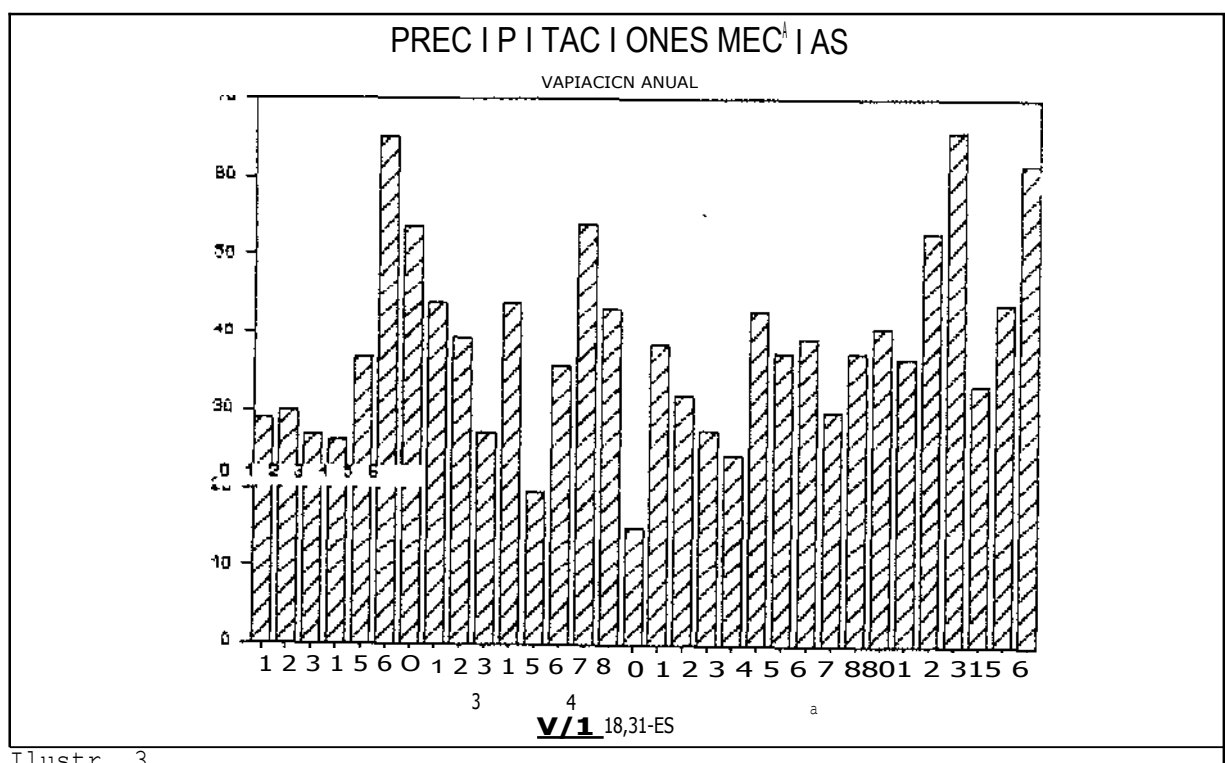
Tabla I

PRECIPITACIONES ANUALES EN ORDEN CRECIENTE Y PROBABILIDAD DE QUE SE REGISTREN EN UN AÑO PRECIPITACIONES NAS BAJAS/NAS ALTAS

N	R	P1	P2	
1	179.8	0.0345	0.9655	
2	236.3	0.0690	0.9310	
3	243.5	0.1034	0.8966	
4	243.7	0.1379	0.8621	
5	274.1	0.1724	0.8276	
6	287.7	0.2069	0.7931	
7	314.8	0.2414	0.7586	N : Número de orden
8	321.7	0.2759	0.7241	
9	359.5	0.3103	0.6897	R Precipit. total anual
10	359	0.3448	0.6552	
11	368.6	0.3793	0.6207	P1 Probabilidad de
12	369.6	0.4138	0.5862	precipitaciones
13	385.4	0.4483	0.5517	inferiores al valor
14	387.4	0.4828	0.5172	correspondiente
15	394.3	0.5172	0.4828	
16	431.1	0.5517	0.4483	P1 : N/(n+1)
17	444.4	0.5862	0.4138	
18	451.1	0.6207	0.3793	P2 1 - P1
19	452.7	0.6552	0.3448	
20	464.2	0.6891	0.3103	n Número de términos
21	471.4	0.7241	0.2759	n 28
22	482.4	0.7586	0.2414	
23	484.6	0.7931	0.2069	P2 Probabilidad de
24	487.7	0.8276	0.1724	precipitaciones
25	528.0	0.8621	0.1379	superiores al valor
26	643.0	0.8966	0.1034	correspondiente
27	649.9	0.9310	0.0690	
28	790.1	0.9655	0.0345	



Ilustr. 2



Ilustr. 3

Por fortuna, el otro factor, causa frecuente de humedades, el agua que asciende

desde terreno por capilaridad, no parece afectar a la Fachada, de una forma significativa, al menos actualmente, por lo que se conservan bastante bien los elementos del zócalo granítico y la sillería caliza suprayacente.

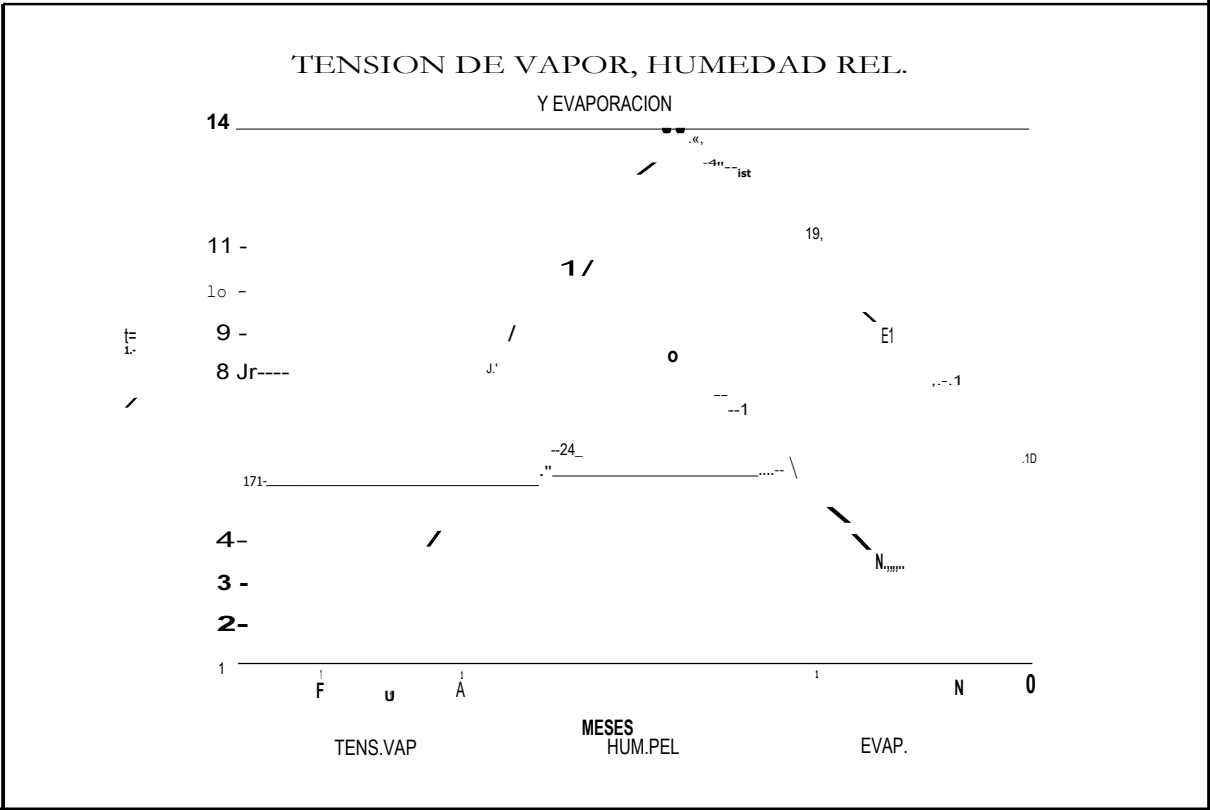
La cantidad de agua alojada en los poros de la roca y, por consiguiente, activa en el proceso de degradación, es función directa de la humedad ambiental e inversa de la evaporación.

La evaporación, a su vez, está determinada por la humedad relativa y por la tensión de vapor, siendo ésta última, consecuencia de la temperatura y de la presión atmosférica.

En la zona en la que se ubica el Monumento, la tensión media anual es de 8.83 mm. observándose un máximo en verano, con un valor medio en julio, de 13.9 mm. y un mínimo en invierno, con un valor medio, en enero, de 5.5 mm.

En cuanto a la humedad relativa, su variación a lo largo del año es prácticamente opuesta a la de la tensión de vapor. En valores medios, el máximo corresponde a diciembre, con 83.2 % y el mínimo a julio con un 51.5 %. Su valor medio anual es de 68.91 %.

La curva de evaporación a lo largo del año sigue estrechamente a la de tensión de vapor, con un valor medio anual de 4.32 mm/día. El valor más elevado corresponde a julio con 8.4 mm y el inferior a diciembre con 1.3 mm.



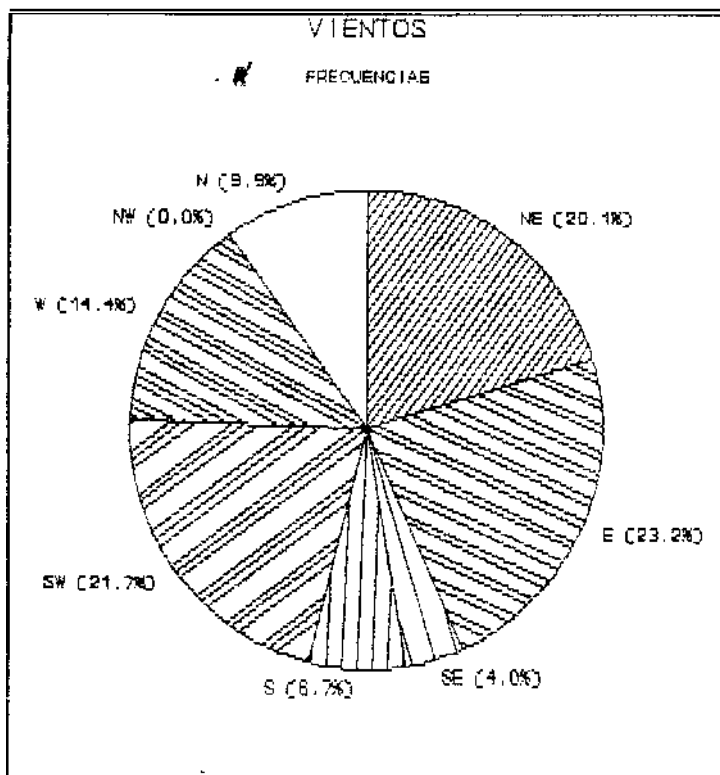
Ilustr. 4

De los datos anteriores se desprende que la degradación es más intensa durante los meses de invierno debido a la incidencia de una mayor humedad, junto con una evaporación menor. Sin embargo, no se debe deducir de ello que esta acción será nula durante el estío, ya que los períodos de sequedad provocan la cristalización de sales, que serán movilizadas nuevamente durante las lluvias otoñales.

La formación de rocío y niebla está gobernada por el punto de rocío, que es consecuencia de la temperatura, la presión atmosférica y la humedad ambiental. La formación de rocío y/o niebla indica que se ha alcanzado la saturación en vapor de agua y por consiguiente no existe evaporación (ó más correctamente se produce más condensación que evaporación).

La formación de escarcha es índice, a su vez, de que se ha alcanzado el punto de congelación y su influencia es clara en los posibles daños por heladicidad a la piedra monumental. Los datos correspondientes a estos factores quedan recogidos en las tablas. Baste señalar aquí que 49.9 días de rocío al año y 42.4 de escarcha, por término medio, no son cifras despreciables en cuanto a su influencia en la degradación.

Existen, en Alcalá de Henares, dos direcciones de vientos dominantes: del Este y del Suroeste. Siendo NNO la orientación de la Fachada, esta no se encuentra expuesta a los vientos dominantes. Su influencia es indirecta, a través de los efectos que las direcciones de los vientos tienen sobre el transporte aéreo de contaminantes procedentes de la zona industrial de Alcalá, carretera N-II, y también de Madrid.



Ilustr.

CONTAMINACION

La información que a continuación se relaciona ha sido extraída del 2º MAPA AMBIENTAL DE ALCALÁ DE HENARES, publicado en 1986, por el Excmo. Ayuntamiento de Alcalá de Henares, según el trabajo realizado por el equipo dirigido por F. GARCES para la Comisión de Salud y Bienestar Social (Centro Municipal de Salud). Estos datos han sido actualizados según información suministrada por el mismo equipo (Plan General de Ordenación Urbana de Alcalá de Henares, F. Garces y Elena Pérez), todavía no publicada, y mediante nuestras propias observaciones en cuanto a como estas características han afectado a la Fachada.

Como conclusión de los datos aludidos, se puede afirmar que en la atmósfera de Alcalá de Henares, se encuentran varios tipos de contaminantes que pueden afectar a la piedra del Monumento. Entre estos se aparecen: anhídrido sulfuroso (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas de carbón y otros materiales, (plomo, hidrocarburos, etc). Su presencia se debe en parte a la combustión en vehículos y calderas, y en parte a la actividad de diversas industrias. La acción de los contaminantes sobre la piedra caliza en presencia de humedad puede desembocar en la formación de sales solubles que potencialmente llegan a producir criptoeflorescencias con gran poder de degradación. En la Fachada de la Universidad no han sido observadas eflorescencias, sin embargo, la Microscopía Electrónica de Barrido ha detectado la presencia de sulfatos abundantes en la costra superficial de la piedra.

Para un efectivo control de la contaminación es preciso evitar que se viertan a la atmósfera una cantidad de contaminantes superior a la que ésta puede regenerar. Según los datos aludidos anteriormente, la edificación monumental se encuentra, debido a sus características climáticas, topográficas y urbanísticas, en un ambiente con poco poder de difusión de contaminantes, en comparación que su capacidad de generarlos. Además, los vientos dominantes arrastran atmósferas contaminadas desde Madrid.

A partir de 1986 se ha observado un fuerte descenso en la presencia de SO_2 en la atmósfera como consecuencia del traslado de la factoría de ROCLAINÉ a Azuqueca, así como del descenso en el consumo de combustible de ROCA. Los óxidos de nitrógeno, si bien han disminuido, lo han hecho en menor proporción a pesar de la apertura de la variante de la Carretera N-II, debido seguramente a la congestión de tráfico en el centro de la ciudad.

A la vista de los factores anteriores, no cabe duda de que la piedra monumental de Alcalá ha sufrido (y seguramente continuará sufriendo) la inclemencias de un ambiente ácido responsable en gran medida de la formación de sales sulfatadas y nitradas. En la metodología de tratamiento es preciso tener en cuenta esta circunstancia.

ESTUDIO DE LA POROSIDAD

La porosidad constituye el camino a través del cual, el agua, agente de degradación en sí misma y vehículo de sustancias con poder degradante, se introduce en el material atravesando la superficie que lo limita. La porosidad forma también el medio por el que la piedra se deshace de la humedad interna.

Se han estudiado cinco muestras de piedra de Novelda (A1 a A5) y una de piedra de Tamajón (A6) mediante porosímetro de mercurio, extraídas de los fragmentos desprendidos de la Fachada. Como se trata de material alterado, simultáneamente, y a efectos de comparación, se ha analizado también, una muestra de cantera de Tamajón y otra de Novelda (T22) (N11).

La tabla que se presenta más adelante resume algunos de los resultados obtenidos. Las muestras de piedra tipo Novelda presentan una porosidad entre el 5 y el 18 %, inferior a las de tipo Tamajón. (14 sin alterar a 32 % alterada). Mientras que en las primeras no se aprecia un incremento de porosidad con la alteración, en las segundas este valor se duplica. Se interpreta este hecho en función del tiempo transcurrido desde su colocación en el Monumento. Las muestras tipo Tamajón son mucho más antiguas, presentando, ya originalmente, una microkarstificación a partir

Tabla II

POROSIDADES

titummtmmmtttttttmitt*tttrthrtmmttuttmmtztmmtrtrtrtrttttttttzttxuttmtmmtrtrtt

NUESTRAS

PARANETROS	NOVELDA						TANAJON	
	N11(cantera	A1	A2	A3	A4	AS	A6 T22	(canter
Peso de muestra en gr	5.98100	14.35100	12.95800	3.61000	4.86300	9.81100	4.41400	5.09700
Vol. vacio gr/cm3	0.08520	0.02360	0.06900	0.08110	0.06800	0.0841C	0.17560	0.06450
Vol. vacio total ca3	0.50958	0.33868	0.89410	0.29494	0.33068	0.82510	0.77509	0.32875
Vol. de muestra ca3	2.80206	6.60301	6.10104	1.71301	-2.(8728	4.59553	2.38105	2.26392
Porosidad %	18.18580	5.12916	14.65490	17.21700	14.45700	17.95400	32.55200	14.52120
Densidad en seco gr/ca3	2.13450	2.17340	2.12390	2.10740	2.12620	2.13490	1.85380	2.25140
Indice de poros	0.22228	0.05406	0.17171	0.20797	0.16900	0,21188	0.48262	0.16988

de la cual los agentes de la degradación han debido actuar a lo largo de un tiempo muy dilatado, incrementando la porosidad original mediante disolución. La piedra de Novelda en cambio, no ha tenido tiempo de desarrollar este incremento de la porosidad y su degradación de debe a una acción de otro tipo, mucho más rápida, de los agentes erosivos.

ESTUDIO PETROGRAFICO

El estudio petrográfico se ha realizado sobre muestras recogidas en cantera en las correspondientes explotaciones, así como muestras del Monumento procedentes de los desprendimientos de material que vienen teniendo lugar desde hace algún tiempo.

Piedra de Novelda

Se trata de una calcarenita con la siguiente composición mineral:

Minerales Forc Límites		
Calcita	76 %	62-88 %
Cuarzo	12 %	3-
Arcilla	11 %	2-10 %
Dolomita	1 %	0-2 %
Ox. de Fe	1 %	0.5-5 %

Accesoriamente puede aparecer algún grano de feldespato, moscovita u otros elementos detríticos.

Normalmente presenta abundante contenido fosilífero (60-70 %) sobre todo briozoarios, foraminíferos bentónicos, y fragmentos de corales y algas, que permiten ubicar las muestras dentro del mioceno marino. Los bioclastos se encuentran cementados por material esparítico. En algunas muestras se observa una incipiente dolomitización. Al microscopio es posible observar los poros de mayor tamaño.

Tal como se cita en el informe de Arribas Alvarez, la restauración se efectuó con piedra de Almorquil cerca de Casas del Señor en Alicante, donde se encuentran unas

antiguas canteras. Entre ellas, la última en actividad cesó de producir hace unos 10 años, siendo explotada por una empresa denominada TORTOSA.

En estas canteras se aprecian tres bancos de calcarenita de unos 3 ó 4 metros de potencia, alternados con otros de arcillas y margas azules. La serie buza hacia el sur unos 30°.

Con objeto de comprobar la alteración de este tipo de roca en otra climatología (justamente la mediterránea, más seca y cálida) se inspeccionó el puente en arco de medio punto, existente en la localidad de Casas del Señor.

La edificación aparece construida con piedra de la localidad unida por argamasa, en la que se observa un grado de desagregación inferior al que presenta la piedra de restauración en Alcalá de Henares. No se desmorona entre los dedos, pero muestra las típicas fisuras y correspondiente decapación concéntrica.

Comparada con la piedra que se ha utilizado en la construcción de los edificios de la población de Casas del Señor, se encuentra más alterada. La piedra de las casas vecinales presenta escasa disgregación y su edad debe ser muy posterior a la del puente, y comparable a la del material de restauración en el Monumento alcaíno. De ello hay que concluir que el clima seco y sin heladas de Levante, ha sido mucho más benigno para la piedra que las condiciones continentales existentes en Alcalá de Henares.

Es conveniente también anotar la circunstancia de que, en los terrenos geológicos infrayacentes a la cantera, se encuentran los niveles salinos que se explotan en Cabezón de la Sal. Este hecho explica la detección de cloruro sódico en los análisis mediante microsonda electrónica.

La piedra de Novelda se ha utilizado durante el siglo pasado y se sigue utilizando ampliamente, y su proceso de alteración ya ha sido descrito. Al parecer la fracción arcillosa de esta roca contiene minerales del tipo denominado "arcillas expandibles" (tipo montmorillonita). Su porosidad es generalmente reducida y fina. Debido a esta característica, así como a su deterioro en ausencia de sales y heladas, algunos investigadores han achacado su disgregación a cambios de volumen originados por hinchamiento de la fracción arcillosa. Mediante la observación microscópica, sin embargo, no se ha podido observar la presencia de grietas radiales a partir de los granos de arcilla, como sería de esperar si las tensiones producidas por los cambios volumétricos terminaran por superar la resistencia mecánica de la roca. No obstante, si por cualquier circunstancia, la arcilla incluida en la roca se pone en contacto con el agua que llega del exterior, los esfuerzos originados por su hinchamiento deben ser factores eficaces en el proceso de destrucción.

Sus características hídricas han sido estudiadas por M.A. Guerrero, J.Vale, M.A.Vazquez, E.Galán ("Higríc Behaviour and alterability of limestones as Selection Crítería for Reposition") por lo que renunciamos aquí a su descripción.

Piedra de Tamajón

La denominada piedra de Tamajón, ha sido ampliamente utilizada en los edificios monumentales de Alcalá de Henares. Se trata de biomicritas con niveles dolomitizados. Por consiguiente su composición mineral está básicamente constituida por carbonatos, siendo estos cálcicos, ó calcomagnesiamos, según el grado de dolomitización. Además de carbonatos, como accesorios aparecen:

Cuarzo.- Del 0 al 3 % en granos angulosos de unas 40 p.)
Arcilla.- Del 0 al 10 %
Opacos.- Del 0.1 al 10 % fundamentalmente óxidos de hierro.

Es normal que estas biomícritas presenten una dolomitización incipiente. Asimismo, las calizas dolomitizadas suelen mostrar una macroporosidad, generalmente rellena por calcita.

El contenido fosilífero es bastante menos abundante en esta roca, que en la piedra de Novelda. En su mayor parte se trata de una fauna banal. No obstante, a partir de su estudio es posible ubicar la roca dentro del cretáceo superior, seguramente en el turonense.

Los materiales de esta época geológica afloran en varios puntos, tanto en el límite norte como en el sur del Sistema Central. En visita realizada a las canteras de Tamajón, se han examinado diversas fachadas de las casas de la localidad construidas con este tipo de piedra. Cabe destacar el leve deterioro sufrido por ellas, posiblemente debido a que su antigüedad es, seguramente, inferior a la de la Fachada de la Universidad.

Tanto por su aspecto como por su naturaleza, se puede afirmar que se utilizó piedra de la misma serie (cretáceo superior) que la piedra de Tamajón, en la construcción de la Fachada. Sin embargo, ya se ha anotado anteriormente que el material procede seguramente de los afloramientos geológicamente coetáneos de El Vellón, donde en ambos lados de la carretera local de El Vellón a Torrelaguna aparecen canteras de dimensiones notables, y con señales de actividad reciente.

Los fenómenos de alteración en la piedra tipo Tamajón son completamente diferentes a los observados en la piedra de Novelda. En primer lugar, la durabilidad es mayor, como demuestra el hecho de que mientras la de Tamajón tuvo que ser restaurada a partir de 1914 (casi cuatro siglos después de ser colocada) la de Novelda se ha degradado intensamente en unos cuarenta y cinco años. Este hecho se corrobora mediante la observación del Monumento, ya que en la piedra de Onzerruecas no se observa el agrietamiento, desprendimiento de costras siendo su aspecto mucho más sólido y consistente. El paso del tiempo queda evidenciado por un desgaste de los relieves y por el empujamiento de arenilla al ser frotada.

Como conclusión cabe señalar que la piedra que requiere urgentemente medidas de conservación y restauración es la de Novelda, mientras que en la de tipo Tamajón solo sería necesaria algo de protección hacia el futuro.

Piedra de sillería

Según los datos recogidos, la piedra de sillería se trajo de la Cuesta de Zulema. Zulema es, en la actualidad, el barrio sur de Alcalá de Henares que limita con los escarpes que dan por el páramo de calizas pontienses. A partir de este barrio y saliendo ya de la ciudad, comienza el ascenso hacia el páramo, lo que da origen a "cuestas" en los caminos que parten de Zulema hacia el sur.

En términos geológicos, se trata de niveles miocénicos horizontales y las únicas calizas existentes están constituidas por unos bancos del pontiense de algunos metros de espesor, suprayacentes a las, más potentes, series arcillo-margosas. Estas calizas coronan los escarpes y son las responsables de la particular morfología de

la región (cerros en forma de mesa y extensas mesetas que constituyen el páramo). Es en ellas donde había que buscar la procedencia del material.

Por indicación de D. Vicente Fernandez, se han visitado unas antiguas y exiguas explotaciones en la cumbre del cerro del Viso que se levanta al sureste de Alcalá de Henares.

Por su situación bien pudieran ser las fuentes de donde se extrajo el material de sillería, aunque sus pequeñas dimensiones hacen dudar de tal afirmación. Tan solo se requiere un desplazamiento espacial de la toponimia a lo largo del tiempo desde., la parte alta de la ladera hasta la base. En cualquier caso, sea esta la situación exacta ó no de las canteras originales, todo parece indicar que las calizas pontienses de la región son el material al que se refieren los documentos históricos.

Se trata de una caliza con abundantes foraminíferos, bastante pura, de color muy claro y aspecto compacto. La hemos observado en sillería y zócalo en muchas edificaciones monumentales de Alcalá y se corresponde geológicamente con la denominada piedra de Colmenar, muy utilizada hoy día en la construcción.

ESTUDIOS MEDIANTE MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO Y MICROSONDA

En el presente trabajo, esta técnica de análisis ha sido utilizada para investigar la naturaleza de la pátina de tratamiento de la Fachada, así como para determinar la variación que sufre la composición elemental de la roca desde la parte superficial alterada hacia zonas más internas. También se ha investigado la presencia de sales y la composición del residuo salino obtenido mediante una simple técnica de extracción en la zona degradada.

El equipo empleado ha sido un MEB HITACHI S-570 con analizador KEVEX. Este equipo puede detectar elementos de número atómico superior al Ar.

Zona interior de las muestras

El análisis comparado de la zona del interior de la piedra de Novelda y Tamajón muestra que, como es de esperar dada su composición mineral, el calcio es el elemento más abundante en ambas rocas. La piedra de Tamajón presenta un contenido en magnesio variable y trazas de azufre que no aparecen en la de Novelda, mientras que esta última contiene mayores cantidades de silicio y trazas de aluminio y potasio.

Estos datos son completamente coherentes con las composición mineral obtenida mediante el análisis petrográfico. El potasio y aluminio de Novelda corresponden a su fracción arcillosa, y el silicio a la mayor cantidad de cuarzo libre y también a la fracción arcillosa. El magnesio de Tamajón se debe a los fenómenos de dolomitización observados y las trazas de azufre a la posible presencia de sulfuros entre los opacos, cuya oxidación proporciona al material el típico color pardo-rosado.

La porosidad de la piedra de Tamajón aparece bajo dos aspectos bastante diferentes. Por un lado, en las muestras menos dolomitizadas, se presenta como una microkarstificación formada por orificios bastante circulares y con bordes suaves y redondeados; las muestras dolomitizadas, en cambio, presentan oquedades limitadas por las caras de los cristales de dolomita idiomorfa y su aspecto es bastante irregular.

En la piedra de Novelda, la porosidad es aún más irregular, y difícil reconocer las unidades cristalinas. Su aspecto es el de una masa intrincada en la que a veces es posible identificar, por su aspecto, algún grano de cuarzo ó arcilla. Los demás elementos aparecen confundidos.

Costras de alteración

En comparación con las zonas internas destaca un mayor contenido en azufre disperso en la matriz. Investigando la naturaleza de este mayor contenido, se han encontrado cristales de yeso (sulfato cálcico hidratado) y de sulfato magnésico. También se ha detectado la presencia de cubos de halita

Patinas

Se han investigado dos patinas de aspecto diferente: una, al parecer más antigua sobre la piedra de Tamajón, y otra de aspecto más reciente sobre la piedra de Novelda.

Para ello se han observado secciones normales a la superficie tratada, estimando las cuentas para un mismo potencial de aceleración en la pátina, en la matriz rocosa y en la interfase entre ambas. Los resultados se han reducido a tantos por ciento y se han obtenido las diferencias entre unas y otras fases para cada elemento detectado.

En la pátina antigua se observa un aumento del azufre, debido seguramente a la acumulación de sulfatos por alteración. También destaca la presencia de una pequeña cantidad de fósforo.

Para investigar con mayor precisión las características de este recubrimiento, posteriormente se efectuó el análisis cuantitativo en una muestra con la pátina dispuesta normalmente al haz electrónico. Aumentando ó disminuyendo el potencial de aceleración de dicho haz, se consigue que este penetre más ó menos profundamente en la muestra. De esta forma, es posible contrastar la evolución de los elementos hacia el interior, siempre dentro de una finísima capa externa. Los resultados se han comparado con el análisis cuantitativo de la parte interna de la piedra.

La traducción a contenidos molares permite efectuar las convenientes combinaciones para obtener la evolución de los diferentes compuestos. Estos a su vez se infieren de los análisis petrográficos y también de los análisis puntuales efectuados sobre fases individualizadas mediante el sistema KEVEX.

Los resultados de estos análisis permiten observar un descenso notable en el calcio hacia el exterior, mientras que aumentan el silicio, aluminio, magnesio, fósforo, hierro y azufre.

Tabla III

ANALISIS MEDIANTE MICROSONDA-MEB,				
CUANTITATIVO	ELEMENTOS			
	INT.T	INT.N	PROF	SUP
Mg	32.29	0.00	4.78	4.48
Al	0.00	1.82	8.52	10.21
Si	3.82	16.33	22.90	28.75
S	1.13	0.00	9.52	7.29
	0.00	1.80	2.25	2.74
Ca	62.75	80.05	38.19	30.59
Fe	0.00	0.00	3.56	6.43
P	0.00	0.00	10.28	9.53
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
.....				
SUMAS	99.99	100.00	100.00	100.00
=====				
INT.T: Parte interna de Tamajón Monumento				
INT.N: Parte interna de Novelda Monumento				
PROF.: Análisis profundo de pátina				
SUP.: Análisis superficial de pátina.				

Se interpreta la drástica disminución del calcio por la ausencia de calcita ó cal como componente de la capa externa, procediendo, las inferiores cantidades detectadas, tanto de la influencia de la composición interna del material, como de la presencia de una cierta cantidad de yeso. Este último, a su vez, puede proceder de la acumulación de sulfatos por alteración y llega a alcanzar el 10 %. Existen dudas si la procedencia de este material se debe íntegramente a alteración (lo que parece más probable dada su reducida proporción) ó a la existencia de un revestimiento original parcialmente destruido.

El azufre existente también se debe encontrar formando sulfatos de magnesio claramente procedentes de la alteración, que pueden llegar a alcanzar el 18 % de la capa más externa. El magnesio debe encontrar su origen en la escasa dolomitización existente en la piedra de Novelda ó ser transportado por aguas discurriendo por la superficie de la piedra a partir del lavado de zonas construidas con material tipo Tamajón. En cualquier caso, la presencia de estas sales es un dato esencial para efectuar cualquier tratamiento de conservación y/ó restauración, debido a su poder destructivo.

Los contenidos superficiales en fósforo y hierro se deben seguramente a la composición de la pátina de impregnación extendida sobre la piedra con la finalidad de protegerla y de suministrar la coloración apropiada. Debido a la imposibilidad de detectar flúor mediante el, equipo utilizado, no se ha podido confirmar la presencia de DUROLITE, fluosilicato muy utilizado como protector, en la época de la restauración cuyo efecto es la deposición de una fina película de sílice y fluoruro cálcico.

El elevado contenido en aluminio hacía las zonas superficiales, se puede interpretar como una mayor proporción de arcilla. Este incremento en el contenido se debe, seguramente, a la lixiviación selectiva de los carbonatos, aumentando, de esta forma, la concentración en el filosilicato como residuo, en las zonas más alteradas. Este dato también es significativo en los trabajos de conservación y restauración, ya que como anteriormente se ha expuesto, al existir una fracción expandible en el residuo arcilloso, los riesgos de degradación aumentan con la concentración en esta sustancia. Además, se pueden considerar estos minerales, como portadores de una parte importante del potasio existente y de una pequeña cantidad del hierro (tal como detecta el análisis puntual efectuado sobre un grano de glauconita). Algo de potasio pudiera estar también, en forma de cloruro tipo silvínita como componente accesorio original de la piedra de Novelda. De hecho se han observado cloruros en esta roca. También aparece una pequeña cantidad de este elemento asociado a los sulfatos de magnesio producidos por alteración. Está distribución de elementos en la perifería encontraría también una explicación alternativa a la expuesta, si la piedra hubiera sido tratada con alumbre, hipótesis que no se puede descartar.

El silicio experimenta, a su vez, un incremento en superficie. Este incremento se justifica si se deduce el contenido como silicato en la fracción arcillosa, y se tiene en cuenta la mayor concentración del cuarzo original de la roca como resultado de la lixiviación de carbonatos. Sin embargo, también podría tener su origen en un

Tabla IV

CUANTITATIVO	COMPUESTOS %			
	INT.T	INT.N	PROF	SUP
SO4Mg	1.18	0.00	17.97	17.74
SO4Ca	0.00	0.00	9.15	4.12
CO3Mg	44.93	0.00	0.00	0.00
CO3Ca	49.10	80.97	32.33	24.90
P208Ca3	0.00	0.00	15.16	14.80
ARCILLA	0.00	1.50	14.40	18.17
SiO2	4.79	17.53	9.35	16.22
Fe2O3	0.00	0.00	1.65	4.06
SUMAS	100.00	100.00	100.00	100.00

tratamiento de la piedra durante las restauraciones sufridas con duralite, extremo difícil de demostrar debido a la ya reseñada dificultad de los medios analíticos para detectar el fluor.

Para el estudio de la pátina de aspecto más reciente sobre piedra de Novelda, se ha utilizado, asimismo, la técnica descrita de variar la profundidad de penetración del haz electrónico. De esta forma, se han obtenido 10 cuantitativos de la interior de 1 a muestras, con objeto

Tabla V

ANALISIS MEDIANTE MICROSONDA-MEB										
	CUENTAS (TANTOS POR CIENTO)				PP					
	PAT.A	INTERF	MATRIZ	MEDIA	DIF			PAT.1N	PAT.2N	MEDIA
	1	2	3		1--7/	1-3	2-3			
Mg	1.0	4.8	6.5	4.1	-3.8	-5.5	-1,6 *	10.3	3.4	6.2
Al	4.2	4.0	6.8	5.0	0.2	-2,6	-2.8 *	4.1	7.6	6.1
Si	17.8	15.1	26.3	19.7	2.7	-8.5	-11.2 *	16.6	32.4	25.9
S	31.6	1.1	10.5	14.4	30.5	21.1	-9.4 *	5.4	9.2	7.6
	1.3	3.3	2.5	2.4	-2.0	-1.2	0.8 *	2.6	4.6	3.8
Caka	40.5	61.0	45.0	50.8	-26.5	-4.5	22.0 y	61.1	31.6	47.3
Fe	2.0	3.5	2.0	2.5	-1.6	-0.1	1.5 *	0.0	4.7	2.8
	1.1	1.1	0.0	0.8	0.0	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0
Cr	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	-0.4	-0.4	0.0	0.0	0.0
	0,6	0.0	0.0	0.2	0.6	0.6	0.0 y	0.0	0.0	0.0
Ti	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0,0	0.0 *	0.0	0.6	0.3
	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0 *	100.0	100.0	100.0

de observar la variación elemental en profundidad. También se ha efectuado el cuantitativo de la parte interna de la piedra de Tamajón.

Los análisis de cuentas realizados sobre las pátinas de aspecto más reciente no muestran diferencias esenciales con la composición de la matriz rocosa, salvo por la presencia de una pequeña proporción de hierro (utilizado como pigmentante)

EXTRACCION DE SALES

Para determinar el contenido salino en superficie se han realizado dos ensayos:

- 1) Un fragmento de costra de piedra de Novelda de 20.9 grs., se ha introducido en agua destilada durante cinco días, tiempo que se estima suficiente para que todas las sales solubles hayan pasado a la fase líquida. La disolución se ha evaporado en un vidrio de reloj.

El peso del residuo salino obtenido de esta forma ha sido de 0.95 gramos, lo que arroja un contenido porcentual del 4.5454 %. Posteriormente, el residuo ha sido analizado mediante microscopía electrónica y microsonda. Este análisis ha permitido identificar la presencia de abundante sulfato cálcico y también de bastante cloruro potásico como componentes del residuo.

- 2) Se ha efectuado la molienda de un fragmento de costra de piedra de Novelda y se ha realizado la extracción de sales solubles. La disolución se ha analizado por métodos químicos mostrando contener un 12 % de sales, de las que un 98 % son sulfatos de calcio y el resto cloruros de magnesio, sodio y potasio

A la vista de estos resultados, cabe asignar a la presencia de sales gran parte de la responsabilidad en la destrucción de la piedra. Estas sales deberán ser extraídas ó fijadas en los tratamientos de conservación del monumento, y su existencia deberá ser tenida en cuenta a la hora de seleccionar productos consolidantes e hidrofugantes para su protección.

ENSAYOS DE ENVEJECIMIENTO REALIZADOS PARA ESTUDIAR LA EFECTIVIDAD DE POSIBLES TRATAMIENTOS PREVENTIVOS DE CONSERVACION

En un intento por establecer el comportamiento futuro de los distintos tipos de piedra monumental, que componen el conjunto de la Fachada de la Antigua Universidad de Alcalá de Henares, frente a posibles tratamientos de conservación, se han realizado una serie de ensayos conducentes a predecir la durabilidad de las mismas (antes de ser tratadas y una vez tratadas con distintos productos), estimada mediante pérdida de peso por disgregación de las muestras a lo largo de los ensayos.

Metodología

De los cuatro tipos de piedra que podemos encontrar dentro del conjunto de la Fachada, se han realizado ensayos sobre dos: la piedra de Novelda y la piedra tipo Támajón, por ser las únicas que presentan significativos fenómenos de degradación, tanto sobre muestras extraídas del monumento como de cantera. Estos ensayos consistieron en pruebas de resistencia a las heladas, ciclos humedad-sequedad y cristalización de sales (40 ciclos por ensayo). Cada muestra recibió tres tipos de tratamiento diferente:

- 1) Impregnación silicato de etilo-silicona.
- 2) Impregnación silicato de etilo-silicona seguida de aplicación de solución barniz acrílico disuelto en nitrobenceno y diluido en White Spírit al 5 % en peso.
- 3) Aplicación superficial de barniz acrílico al 5 %.

Resultados.

Las siguientes tablas resumen los resultados:

J. EYENDA

Tratamientos

A: Tratamiento con silicato de etilo-silicona.
B: Tratamiento con acrílico
C: Tratamiento con silicato de etilo-silicona y acrílico
S/T: Sin tratamiento (piedra original)

Ensayos

CS: Cristalización de sales
HD: Ciclos de hielo-deshielo
HS: Ciclos de sequedad-humedad

Tipo de muestra

TC: Tamajón cantera.
TM: Tamajón monumento.
NC: Novelda cantera.
NM: Novelda monumento.

Tabla VI

Muestra	Tratat.	Ensa ^{yo}	Peso	Peso Tratas.	P. ciclo 10	P. ciclo 20	P. ciclo 30	P. ciclo 40
TM-1	A	CS	12,1094	12,8353	12,2448	11,5286	11,1561	10,9129
TM-2	A	HD	14,3215	15,1139		15,0586	14,8820	
TM-3	A	HS	13,1101	13,8809		13,6581	13,5316	
TM-4	B	CS	15,1069	16,0093	15,1575	7,7892	5,9729	5,0734
TM-5	B	HD	12,8967	13,6817		14,4952	14,5715	
TM-6	B	HS	15,0263	15,6352		16,6316	15,7527	
TM-7	C	CS	11,5967	11,9429	10,6446	6,9022	6,2185	5,1036
TM-8	C	HD	10,9107	11,3919		12,3401	12,1993	
TM-9	C	HS	11,6640	12,2371		11,4686	12,4221	
TM-10	S/T	CS	11,8895		8,4128	2,8718	2,2631	2,0930
TM-11	S/T	HD	10,9850			12,1697	10,9847	
TM-12	S/T	HS	12,1171			13,5529	12,0872	

Tabla VII

Muestra	Tratas.	Ensayo	Peso	P.Trataa.	P. ciclo 10	P. ciclo 20	P. ciclo 30	P. ciclo 40
NC-1	A	CS	29,1740	30,2456	29,7244	29,2902	29,1860	29,0172
NC-2	A	HD	19,4512	20,2055		20,3009	20,1185	
NC-3	A	HS	25,2084	26,1015		25,9106	25,8358	
NC-4	B	CS	15,6782	16,0158	15,9879	14,9057	14,1171	13,4729
NC-5	B	HD	15,2554	15,6268		16,4452	15,9986	
NC-6	B	HS	63,9250	64,6208		67,5131	65,0931	
NC-7	C	CS	66,0055	66,8357	65,3978	58,9015	52,3143	46,5816
NC-8	C	HD	23,4252	23,8965		25,2063	24,3862	
NC-9	C	HS	27,5072	27,9229		29,0156	27,9405	
NC-10	S/T	CS	23,7907		21,2388	17,2559	15,8126	13,4666
NC-11	S/T	HD	21,7642			25,2318	21,9795	
NC-12	S/T	HS	23,9133			25,1879	24,0029	

Tabla VIII

Muestra	Tratat.	Ensayo	Peso	Peso Trataa.	P. ciclo 10	P. ciclo 20	P. ciclo 30	P. ciclo 40
NM-1	A	CS	45,7522	47,1626	46,5857	46,3980	46,3607	46,3204
NM-2	A	HD	23,6585	24,5067		25,2463	24,5002	
NM-3	A	HS	20,3340	21,0073		21,8602	21,7380	
NM-4	B	CS	35,3344	35,7582	35,9000	35,8085	35,6670	35,5141
NM-5	B	HD	22,3636	22,7273		23,9057	23,3400	
NM-6	B	HS	22,3028	22,6242		23,1050	22,6113	
HM-7	C	CS	26,3043	26,6591	26,8826	26,8080	26,6911	26,5742
NM-8	C	HD	34,1958	35,1245		36,8590	36,3066	
NM-9	C	HS	41,5352	42,2173		43,9734	42,4993	
NM-10	S/T	CS	20,7414		20,3600	19,2051	18,5770	18,3732
NM-11	S/T	HD	13,0833			13,7754	13,2331	
NM-12	S/T	HS	29,9781			21,8321	21,1104	

Tabla IX

Muestra	Tratat.	Ensayo	Peso	Peso Trataa.	P. ciclo 10	P. ciclo 20	P. ciclo 30	P. ciclo 40
TC-1	A	CS	28.5651	29.2683	29.1200	28.9818	28.9657	28.9193
TC-2	A	HD	24,5841	25,2351		23,2533	25,2225	
TC-3	A	HS	30,3868	30,9635		30,8785	30,7662	
TC-4	B	CS	22,4140	22,5055	22,7178	22,4368	22,2081	22,0801
TC-5	B	HD	33,4202	33,5600		34,6595	33,8872	
TC-6	B	HS	28,0768	28,1946		28,9792	28,1929	
TC-7	C	CS	31,9999	32,2099	32,3823	31,9556	31,6570	31,4297
TC-8	C	HD	26,3333	26,5424		27,3586	26,7824	
TC-9	C	HS	25,3216	25,5758		26,1156	25,5114	
TC-10	S/T	CS	28,0249		27,7423	26,6414	26,0718	25,6551
TC-11	S/T	HD	21,6075			21,0036	21,6362	
TC-12	S/T	HS	24,1378			24,6495	24,1359	

Las variaciones medias porcentuales en peso para cada tipo de piedra, y según su tratamiento o ensayo de degradación son las indicadas en los siguientes cuadros:

M,	TRAT.	EVAR.	% PESO
NC1	A	CS	- 4.06
NC2	A	HD	- 0.43
NC3	A	HS	- 1.02
NC4	B	CS	-15.80
NC5	B	HD	2.37
NC6	B	HS	0.73
NC7	C	CS	-30.30
NC8	C	HD	2.05
NC9	C	HS	0.06
NC10	S/T	CS	-43.39
NC11	S/T	HD	0.99
NC12	S/T	HS	0.37
NM1	A	CS	- 1.78
NM2	A	HD	- 0.02
NM3	A	HS	3.48
NM4	B	CS	- 0.68
NM5	B	HD	2.69
NM6	B	HS	- 0.06
NM7	C	CS	- 0.32
NM8	C	HD	3.36
NM9	C	HS	0.67
NM10	S/T	CS	-11.42
NM11	S/T	HD	1.14
N/112	S/T	HS	-29.58
H,	TRAT.	EVAR.	% peso
TC1	A	CS	- 1.19
TC2	A	HD	- 0.05
TC3	A	HS	- 0.64
TC4	B	CS	- 1.89
TC5	B	HD	0.97
TC6	B	HS	- 0.01
TC7	C	CS	- 2.42
TC8	C	HD	0.90
TC9	C	HS	- 0.25
TC10	S/T	CS	- 8.45
TC11	S/T	HD	0.13
TC12	S/T	HS	- 0.01
TM1	A	CS	-14.98
TM2	A	HD	- 1.53
TM3	A	HS	- 2.57
TM4	B	CS	-68.30
TM5	B	HD	6.50
TM6	B	HS	0.75
TM7	C	CS	-57.26
TM8	C	HD	7.09
TM9	C	HS	1.51
TM10	S/T	CS	-82.39
TM11	S/T	HD	
TM12	S/T	HS	- 0.24

Analisis de Resultados

Del análisis de las anteriores tablas podemos observar los siguientes puntos:

1) Tanto la piedra de Novelda como la de Tamajón ofrecen bastante resistencia a los ensayos de heladicidad y humedad-sequedad, en cambio, son muy sensibles a la cristalización de sales, sí bien, hay que tener en cuenta que la concentración de sulfato sódico utilizada ha sido bastante elevada (muy superior a las condiciones medioambientales de la zona) con el fin de provocar un ensayo extremadamente agresivo.

2) En los ensayos sobre las muestras de Novelda, se aprecia de una forma generalizada, un incremento de peso al comienzo de los ensayos, debido a la absorción de humedad por parte de la fracción arcillosa, que no se elimina plenamente durante el período de secado antes de realizar las pesadas.

3) Otro punto a tener en cuenta, y en relación con estos incrementos de peso iniciales y para los ensayos de crioscopia (cristalización de sales), sería la incorporación, durante los primeros ciclos, del sulfato sódico en los poros de la piedra, para luego iniciarse la degradación de la muestra con la correspondiente pérdida de peso.

4) La piedra de Tamajón es más sensible a los ensayos de agresión que la de Novelda, encontrando explicación este hecho en base a su mayor índice de porosidad.

TRATAMIENTO

Establecer un método de tratamiento de una edificación monumental implica una toma de partido en la cuestión filosófica previa que constituye el dilema conservación-restauración. La intención en el primer caso es preservar el monumento tal como se encuentra en la actualidad, impidiendo en lo posible la continuación del proceso de deterioro. Se basa esta filosofía en el hecho de que las obras del pasado constituyen testimonios históricos de nuestras raíces, a los que cualquier modificación desdibuja en la información de que son portadores.

La restauración, en cambio, pretende utilizar los elementos de la tecnología actual para restituir el aspecto original de la edificación cuando fué construida, además, naturalmente, de impedir la degradación futura. Como cualquier obra responde a las circunstancias culturales del tiempo y lugar de su construcción, resulta virtualmente imposible reproducir parcialmente (como se requeriría en la perfecta restauración) el proceso de edificación original (algunas de las causas pudieran ser: elevación de costes de mano de obra, desaparición de la artesanía correspondiente, dificultades en encontrar los mismos materiales, etc). Por ello, los elementos y materiales de la tecnología moderna siempre se introducen en mayor ó menor grado y, aunque se puede lograr reconstruir aproximadamente la apariencia original, muchos rasgos desaparecen y con ellos la información de que son portadores.

Como la mera conservación ya implica introducir elementos extraños a la obra original, lo normal es adoptar un camino intermedio, preservando lo que se pueda y reconstruyendo lo imprescindible. En adelante, el proceso mixto de conservación-restauración se denominará agrupadamente como tratamiento.

El proceso de tratamiento es sumamente complejo. Responde a las características particulares de cada zona del monumento. Es imposible, por consiguiente, establecer una metodología única y precisa para el conjunto. A nivel mundial, el tratamiento de las edificaciones monumentales tiene todavía mucho de artesanal. La primera recomendación, en consecuencia, es que las labores correspondientes deben ser encomendadas a un restaurador responsable y experimentado, versado tanto en los aspectos técnicos, como en los artesanales del oficio y preocupado por la conservación del testimonio histórico que representa la obra. No sería adecuado, por ejemplo, encargar la completa impregnación de la fachada con consolidantes y/ó hidrofugantes a cualquiera de las empresas que se dedican a ello, por muchos éxitos que sus productos hayan alcanzado en el tratamiento de edificios modernos.

El proceso de tratamiento consta de varios elementos a considerar: limpieza, reconstrucción, consolidación, hidrofugación, etc.

Limpieza

En el caso de la Fachada, esta limpieza debe ser sumamente cuidadosa. Se deben evitar actuaciones agresivas tales como aire comprimido, chorros de agua, vapor ó arena, utilización de ácidos ó álcalis, etc. Los ácidos atacarían los carbonatos que componen la piedra, y por su parte, los álcalis llegarían a producir, finalmente, un incremento en el contenido en sales solubles. Los medios físicos de limpieza demasiado intensos provocarían desprendimiento del material disgregado. La limpieza debe ser manual, en consecuencia.

Dado el alto contenido de sales en la epidermis de la piedra en las zonas más deterioradas, debe efectuarse, previamente, un proceso de extracción del contenido salino mediante la aplicación de materiales absorbentes humedecidos con agua destilada, tales como papel japonés (la sepiólita, es menos aconsejable).

Para efectuar las operaciones de limpieza se puede utilizar alcohol etílico. Este líquido tiene la ventaja, además, de producir la evaporación de la humedad contenida superficialmente en la piedra, condición indispensable para la aplicación posterior de consolidantes e hidrofugantes.

Protección

A lo largo de todos los tiempos, se han ideado procedimientos para la culminación de las edificaciones monumentales, impregnándolas de diversos productos con la finalidad de protegerlas unas veces, contra la acción de los agentes atmosféricos, y otras de resaltar su belleza y sus elementos. La naturaleza de estas impregnaciones se corresponde en cada momento con el desarrollo técnico alcanzado. A medida que la industria suministra al mercado nuevos productos, estos son utilizados con la intención de evitar los problemas de los más antiguos, y con la esperanza de que los nuevos descubrimientos serán una especie de panacea. Pronto sin embargo nuevos problemas aparecen, y de esta forma el ciclo continúa.

Las dificultades proceden en gran parte del hecho de que cada edificación es diferente y presenta un problema distinto. No parece existir una solución universal. Aún dentro de un mismo monumento sigue subsistiendo la misma heterogeneidad. Factores tales como la exposición a lluvia y viento, orientación, exposición a radiación solar directa, existencia de humedades por capilaridad ó escorrentía, naturaleza del material, exposición a agentes químicos derivados de la actividad humana, colonización por organismos, etc. son elementos diferenciales que van a condicionar el comportamiento del edificio.

Recientemente, el desarrollo industrial a puesto en manos del restaurador una amplia gama de productos con características especialmente favorables para tratar ciertos problemas. Estos productos deben ser utilizados, en cualquier caso, con experiencia y ciencia, con objeto de no agravar lo que se intenta solucionar, como ha ocurrido algunas veces. A este respecto es importante una buena metodología de aplicación.

Un producto ideal debería:

Ser reversible para prevenir errores irre recuperables, es decir, que dado el caso se pueda extraer de la piedra.

No modificar el aspecto de la superficie con brillos y/6 coloraciones inadecuadas.

No descomponerse frente a la radiación solar, agentes químicos ácidos ó alcalinos, ni hidrolizarse.

Ser impermeable al agua líquida para impedir su penetración en el interior de la roca pero en cambio, permeable al vapor de agua con objeto de permitir la eliminación de la humedad.

Presentar una reducida viscosidad y tensión superficial, lo que ^Permite su profunda penetración dentro del material a tratar, evitando la formación de costras superficiales endurecidas, sobre piedra descompuesta.

Mantener un bajo coeficiente de dilatación térmica, similar en todo caso al de la roca, para evitar tensiones suplementarias.

Presentar buena adherencia a los carbonatos que constituyen los minerales más abundantes en la piedra.

Sí se utiliza como consolidante, junto con una buena adherencia, debe presentar propiedades mecánicas adecuadas, tal como una alta resistencia y deformación elástica previa a la ruptura.

Propiedades hidrofóbicas adecuadas, especialmente sí se utiliza como hidrofugante.

Grado de toxicidad que permita su cómoda manipulación.

Es imposible encontrar en el mercado un producto que reúna todas estas características, así que la aplicación de uno u otro dependerá en cada zona, del problema fundamental que se pretenda solucionar. Cabe, sin embargo, indicar una serie de recomendaciones que podrían evitar errores irreversibles.

1. El estado actual permite inclinarse por el primer aspecto en el dilema conservación-restauración en la mayor parte de los casos, y solo se debería acudir a la reposición de elementos en las contadas ocasiones en que la simple conservación no sea posible y existiera un riesgo evidente para la parte del Monumento afectada. Cuando se requiera efectuar una reposición del material, se debe utilizar piedra de las mismas canteras y características que las originales y que se han reseñado en el apartado que trata de la petrografía. Dentro de ellas, la selección y disposición del material en su colocación, debe efectuarse cuidando de no romper la armonía del conjunto, atendiendo a aspectos tales como estructuras en la piedra, coloración y textura, etc. Si se requiriera preparar un mortero para reponer elementos de pequeño tamaño, este deberá efectuarse con piedra de Novelda ó Tamajón, según el caso, molidas al tamaño conveniente y cementadas con una resina acrílica (ó con resina acrílica modificada con un silano).

2. Cada elemento de la Fachada requiere un tratamiento específico, por lo que las obras deberían efectuarse por un restaurador con conocimientos tanto técnicos, como artesanales, y suficientemente sensible a lo que el patrimonio histórico representa.

3. Los problemas más frecuentes de tratamiento van a ser la consolidación de las costras, el relleno y cementación de las fisuras, y la protección contra el agua. Existen dos tipos de actuaciones posibles para ello. Una alternativa es utilizar silicato de etilo como consolidante y posteriormente impregnar con un alcoxísilano ó con una silicona como hidrofugante. El silicato de etilo proporciona además, la base sílicatada necesaria para asegurar la adherencia de la silicona.

La otra alternativa consiste en utilizar esteres polímetacrílicos con disolventes apropiados, solos, con una pequeña adición de silicona, ó copolimerizados con alcoxisilanos.

La primera alternativa proporciona mejores prestaciones tecnológicas, pero presenta varios inconvenientes en nuestro caso. Primeramente, el tratamiento es irreversible y si se cometieran errores (como blanqueamiento superficial por exceso de

consolidante) estos serían prácticamente imposibles de recuperar. Segundo, las siliconas son inestables en medio alcalino, cual es el de la Fachada dada su naturaleza mineralógica y su contenido salino, así que la mayor durabilidad del consolidante vendría compensada por la inestabilidad del hidrofugante.

El tratamiento a base de resinas acrílicas es, en cambio, completamente reversible por lo que parece más conveniente su utilización en las zonas de alto valor como testimonios históricos (prácticamente toda la cantería y piedra tallada) reservando el silicato de etilo con metiletilsilicona para reposiciones ó materiales sumamente degradados. También debe utilizarse esta última solución en las zonas externas de las cornisas debido a que el fuerte poder hidrofugante de la silicona evitaría que el agua de lluvia resbalara desde la parte inferior de las mismas sobre el resto de la Fachada, en su lugar caería directamente desde el borde de la cornisa al suelo.

En las zonas de cantería, balaustre superior, capiteles, etc., más expuestos a la lluvia se podría agregar alrededor de un 1 % de silicona a la resina acrílica (esta adición incrementa notablemente el poder hidrofugante y la permeabilidad al vapor de agua, sin perjudicar la reversibilidad. Además, este compuesto se uniría a los grupos silicatados de la fracción arcillosa de la piedra de Novelda bloqueando los centros de adsorción de agua de este peligroso componente). Alternativamente a la resina con silicona, se podría utilizar un ester polimetacrílico modificado con un silano.

Finalmente, la piedra granítica del zócalo podría quedar sin tratamiento ó a lo sumo con una ligerísima disolución de barniz acrílico.

Asimismo, la impregnación deberá efectuarse en varias etapas para asegurar su penetración (dependiendo del tipo de producto, hay que advertir, sin embargo, que si se utilizan por ejemplo, sílanos con un catalizador que acelere la reacción de polimerización, la aplicación debe efectuarse de una sola vez, ya que una segunda aplicación sobre la resina seca puede provocar su hinchamiento con las consiguientes tensiones sobre la piedra; se aconseja en cualquier caso seguir las instrucciones del fabricante).

En orden también a incrementar la penetración, en la impregnación con polimetacrilato, este producto deberá encontrarse disuelto en un disolvente apropiado. A la disolución se agregará diluyente hasta que se comience a enturbiar. Este es el momento de agregar más disolvente y después de nuevo diluyente, y así hasta obtener la concentración apropiada. El diluyente retarda el proceso de evaporación y disminuye la viscosidad. De esta forma se logra una mayor penetración y permeabilidad al vapor de agua. Como disolvente se puede utilizar nitrobenceno y como diluyente White Spirit con concentraciones en materia sólida inferiores al 3 %.

Es preciso señalar que durante el tratamiento, así como durante un tiempo posterior al mismo, la Fachada debe encontrarse protegida de la lluvia, de las altas temperaturas y de la radiación solar directa. A este fin, ya se ha señalado la conveniencia de colocar un tejadillo de uralita en la parte superior del andamiaje.

4. Todo el proceso debería efectuarse bajo un constante control técnico. A este respecto es importante, aunque aparentemente no se observan humedades internas en la Fachada, comprobar la permeabilidad al vapor de agua de las superficies tratadas, lo que puede realizarse instrumentalmente con un evaporímetro. También es aconsejable llevar un control de la profundidad de penetración del producto, de la forma de aplicación, del grado de secado, de la capacidad de hidrofugación conseguida, de las sales no fijadas ó eliminadas que restaran, de la conveniencia de efectuar sucesivas aplicaciones, etc.

5. Para el tratamiento de zonas con grandes fracturas, y donde haya que reponer fragmentos caídos, es conveniente el uso de resinas epoxídicas debido a su gran poder adherente. Para fracturas pequeñas, las epoxy-resinas son también efectivas, pero se han de usar aquellas de menor viscosidad en orden a facilitar la penetración. Las grietas deberán sellarse exteriormente con cualquier tipo de masilla para asegurar su estanqueidad y proteger la resina de la radiación. La resina se inyectará a través de esta masilla hasta colmatar. Donde sea necesario se utilizarán además clavos ó zunchos disimulados exteriormente para asegurar la estabilidad.

6. En las zonas donde resulte aconsejable, se puede pigmentar el producto de tratamiento para suministrarle una tonalidad armónica con la piedra original.

CONCLUSIONES

I. La Fachada de la Antigua Universidad de Alcalá se encuentra integrada por tres tipos de rocas:

Zócalo granítico completamente restaurado a primeros de siglo. En buen estado.

Piedra original tipo Tamajón. Relieves desgastados y se deshace en arenilla. Presenta microkartificación. Necesita ser protegida.

Piedra de Novelda procedente **de la restauración de primeros de siglo.** Presenta fisuración, disgregación y desprendimiento de costras. Es la que requiere medidas urgentes.

Se conservan restos de una pátina pardo-rosada que recubre el elemento calizo, tanto original como restaurado. Esta pátina a veces tiene aspecto más antiguo y coloración más oscura, por lo que, en realidad, pudiera tratarse de dos aplicaciones diferentes.

II. La piedra original (tipo Tamajón) procede de la cantera de Onzerruecas, situada con toda probabilidad, en los niveles calizo-dolomíticos del cretáceo superior de la localidad de El Vellón. La piedra del zócalo granítico procedía de Becerril. Como argamasa se utilizó cal de Villalvilla. Para los sillares se emplearon calizas del páramo pontiense de Cuesta de Zulema, en las proximidades de Alcalá.

III. A principios de este siglo se realizó una restauración de parte de la cantería, sobre todo de los elementos superiores, y también de parte de los sillares. Se restauró, asimismo, el zócalo granítico y las columnas exteriores frente a la entrada. En las obras se utilizó piedra de Almorquíl (tipo Novelda), piedra berroqueña, y cemento Portland, este último como ligante del mortero de reconstrucción de relieves y como argamasa. Existió una restauración posterior, durante los años 50, de la que no se ha encontrado información.

IV. Ha sido posible localizar fuentes de material para todos y cada uno de los tipos de piedra que componen la fachada y que pueden ser utilizados en la restauración.

V. El Monumento aparece con orientación NNO y se encuentra sometido a unas condiciones climáticas que producen numerosas heladas al año, fuertes y bruscos cambios de temperatura y vientos aproximadamente, del este ó del oeste. El promedio de precipitaciones corresponde a un clima continental.

VI. La capacidad de difusión de contaminantes, del medio en que se encuentra el Monumento, es muy baja. Este ha estado sometido, durante los últimos años, a niveles significativos de anhídrido sulfuroso y óxidos de nitrógeno, procedentes de la zona industrial, de las calefacciones y del tráfico. El anhídrido sulfuroso se ha reducido últimamente debido al traslado de factorías, y a la apertura de la variante de la carretera N-II. Los óxidos de nitrógeno permanecen con contenidos notables como consecuencia de un tráfico frecuentemente colapsado en el centro de la población. Los frecuentes vientos del este, aportan contaminantes de Madrid, y de la zona industrial, al oeste de la capital.

VII. La porosidad de la piedra de Novelda es fina, irregular y reducida. La alteración no parece haberla incrementado significativamente en las zonas externas. La piedra de Tamajón presenta una notable porosidad original, que se ha visto incrementada por la alteración. Su aspecto es redondeado y aprovechando una microkarstificación original parcialmente rellena por calcita. En ambos tipos de rocas pueden presentarse hasta tres modas en la distribución por tamaños de los poros, siendo la que corresponde a un diámetro de tamaño intermedio, la más poblada, con gran diferencia sobre las otras.

VIII. La piedra de Novelda se trata de una calcarenita perteneciente al mioceno marino de la región alicantina, con gran contenido fosilífero, un 10 %, aproximadamente de arcilla, y otro tanto de cuarzo; el cemento suele ser carbonato esparítico. La piedra de Tamajón es una micrita que presenta niveles completamente dolomitizados con escaso contenido fosilífero y pertenece a los tramos turonenses-cenomanenses que limitan el borde sur del Sistema Central. Presenta opacos que por oxidación proporcionan la característica tonalidad pardo-rosada de la piedra en superficies no frescas.

IX. La parte superficial de la piedra del Monumento presentan un significativo contenido salino. Se trata de sulfato cálcico, magnésico y, en mucha menor proporción, potásico. También aparecen cloruros de sodio, potasio y magnesio. Los sulfatos parecen proceder de ataque ácido de los contaminantes (no se han encontrado evidencias de la presencia de una capa de yeso). Los cloruros pueden ser originales de la piedra de Novelda, ya que los niveles en que aparecen se encuentran ubicados sobre diapiros salinos pertenecientes al triásico, y explotados en Cabezón de la Sal. Mediante simple extracción de sales solubles por inmersión en agua destilada, se han detectado contenidos de hasta un 12 % aproximadamente.

X. En las pátinas de recubrimiento se ha detectado la presencia de hierro como pigmentante, así como una cierta cantidad de fósforo en alguna de ellas. La lixiviación de carbonatos en la parte externa de la piedra de Novelda produce una concentración en la fracción arcillosa expandible, aumentando las tensiones frente a los ciclos humedad-sequedad y acelerando el proceso de destrucción.

XI. La degradación de la piedra de Novelda se suele producir de forma brusca, por apertura de una red de fisuras, a partir, incluso, de piedra que parece intacta. En ese momento la parte superficial se encuentra ya desagregada aunque la rapidez del proceso impide que este fenómeno sea aparente. Tres factores son los principales responsables. Por orden de importancia, son los siguientes:

- La **formación de** sales (sulfatos y probablemente nitratos) por efecto de los contaminantes ácidos sobre los carbonatos.

La fracción arcillosa expandible de acuerdo, nuevamente, con el grado de humedad. Las arcillas se concentran en la superficie de las rocas como elementos residuales, al producirse la lixiviación de los carbonatos.

Las heladas del agua contenida en los poros. Se supone este factor el menos significativo por tres razones: 1) Los ensayos de heladidad efectuados para Bateig Laboral por el Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Alicante, muestran que la piedra no resultó aparentemente afectada (aunque si se afectaron sus propiedades mecánicas); 2) La piedra del puente en arco de medio punto de la localidad de Almorquíl, poco expuesta a heladas dado el clima, aparece fisuradaWwg 3) Las causas 1A y 21 justifican por sí sólas la degradación observada.

Secundariamente, también resulta afectada la piedra por los cambios térmicos, sobre todo la parte superior de la Fachada, que recibe mayor insolación durante el día. La morfología de la brusca fisuración indica claramente, que ésta se produce por cambios de volumen.

En la piedra de Tamajón no se produce el segundo de los fenómenos anotados. La erosión ataca preferentemente a las zonas menos dolomitizadas (más solubles), y a la calcita de relleno de la porosidad original incrementándola. La piedra es más resistente, pero con el transcurso del tiempo termina produciendose una pérdida de cemento entre los granos de dolomita y arenización del material con desgaste de relieves.

XII. Existen innumerables productos que se han utilizado y utilizan para consolidar, proteger y embellecer los monumentos. Entre los que, por sus resultados, merece la pena considerar, se encuentran los siguientes:

Silicato de etilo (que deposita gel de sílice) como consolidante y silicona como hidrofugante. La sílice presenta buena resistencia mecánica y química, así como excelente durabilidad. Aplicado en calizas, este producto genera la sílice necesaria para la adherencia de siliconas hidrofugantes. El silicato de etilo se aplica disuelto en alcohol. Controlando la disolución se puede regular la reducción de la porosidad original de la roca al grado conveniente y la viscosidad (capacidad de penetración en la roca). La sílice depositada, sin embargo, es irreversible y un exceso produciría blanqueamientos imposibles de recuperar. La silicona no es tóxica, constituye un excelente hidrofugante y es altamente permeable al vapor de agua (para eliminar humedades internas) pero se descompone en medio alcalino y se adhiere mal a los carbonatos.

Compuestos acrílicos polimerizados. Son altamente reversibles. Mediante su preparación en disolventes (xílol, benzol, tolueno, nitrobenzeno, etc) y diluyentes (gasolina, white spirit, etc.) se puede reducir bastante la viscosidad e incrementar la penetración. Son buenos consolidantes proporcionando una menor rigidez que la sílice. Su resistencia mecánica y química es bastante elevada, aunque inferior a la conseguida con silicato de etilo. Son completamente reversibles. Su poder hidrofugante es inferior al de las siliconas y reducen bastante más la porosidad al vapor de agua. Estas dos últimas características se mejoran añadiendo una pequeñísima cantidad de un polisiloxano., ó un silano. Los disolventes y diluyentes son algo tóxicos y es preciso utilizar precauciones en su aplicación.

Esteres acrílicos modificados con sílanos. Estos compuestos están siendo recientemente empleados con muy buenos resultados, sin embargo, todavía no se encuentran suficientemente contrastados. Combinan las favorables propiedades de

las resinas acrílicas (especialmente la reversibilidad) con el poder hidrofugante de las siliconas.

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este estudio han prestado su colaboración desinteresada las siguientes personas y empresas:

Personas e instituciones

AMPARO BERLINCHES de la Comunidad Autónoma de Madrid.

CATEDRA DE PALEONTOLOGIA de la ETS DE IM.

CONCEPCION CIRUJANO.

FELICIDAD DIETRICH, del INAP.

GUILLERMO LLOPIS, de la ETS de IM.

TERESA BLANCO del Instituto Torroja.

MODESTO QUIJADA, del Ayuntamiento de Alcalá de Henares.

VICENTE FERNANDEZ, estudiante de sociología, estudioso de la Fachada de la Universidad de Alcalá de Henares.

Empresas

BATEIG LABORAL S.A.

CIBA GEIGY .

GOLDSCHMIDT S.A.

RHÚNE POULENC.

Agradecemos muy especialmente la colaboración de

JOSE MARIA CABRERA, restaurador, antiguo director del ICROA,

FERNANDO GARCES Y SU EQUIPO Director del Centro de Salud de Alcalá de Henares, de la Consejería de Salud y Bienestar Social

REFERENCIAS UTILIZADAS

- (1) "Crónica de Alcalá de Henares". Cayetano Enriquez de Salamanca. INAP, pag. 96.
- (2) "Guía Monumental de Alcalá de Henares". Carmen Román Pastor. Ed. Ayuntamiento de Alcalá de Henares, pag. 27.
- (3) "Universidad de Alcalá de Henares: Esculturas de la fachada". Ramón González Navarro. INAP, pag. 21.
- (4) "Universidad de Alcalá de Henares: Esculturas de la fachada". Ramón González Navarro. INAP, pag. 22.
- (5) "Universidad de Alcalá de Henares: Esculturas de la fachada". Ramón González Navarro. INAP, pag. 31.